

Jämförelse av livscykelkostnad för tak- och golvkyla i bostadshöghus

Toni Pölönen

Examensarbete
Distribuerade energisystem
2017

Toni Pölönen

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	
Författare:	Toni Pölönen
Arbetets namn:	Jämförelse av livscykelkostnad för tak- och golvkyla i bostadshöghus
Handledare (Arcada):	Kaj Karumaa
Handledare (Hepacon):	Teemu Sirén
Uppdragsgivare:	Hepacon Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Livscykelkostnader används för att kunna bestämma vilket alternativ är kostnadseffektivare över en längre period. I examensarbetet jämförs livscykelkostnaderna för vattenburen tak- och golvsystem i ett bostadshöghus. Jämförelsen är för en 25 års period. Både tak- och golvsystemet kan användas för uppvärmning och kylning. I teoridelen berättas mera information om systemens funktion och hur de upplevs. Livscykelkostnadsberäkningarna består av investerings-, energi-, underhåll- och servicekostnader. Golvsystemets investeringskostnader tar i betraktande rör, isoleringar, kretsfordelare, ventiler, termostater och deras installationskostnader. Taksystemets investeringskostnader tar i betraktande rör, rörisolering, takpaneler, ventiler, monteringsvagnar, kopplings slangar och deras installationskostnader. Energikostnaderna är baserade på verkliga energipriser, fjärrvärme och -kylförbrukning enligt byggnadens energicertifikat och elförbrukning från pumpar. För underhållskostnader har det reserverats en uträknad summa årliga kostnader. Inom 25 år måste rumstermostaterna förnyas, vilket orsakar servicekostnader för båda systemen. Inflation, ränta och energiprisets eskalation är med i livscykelberäkningarna. Beräkningarna tar inte i betraktande strukturella kostnadsskillnader. Mellanbjälklagets struktur beror på vilket system används och med taksystemet krävs mer under taksyta i bostäderna. Resultatet i jämförelsen av livscykelkostnad är att golvsystemet är billigare än taksystemet. Största kostnadsskillnaden kommer från investeringskostnaderna.</p>	
Nyckelord:	Livscykelkostnader, golvkyla, takkyla, kylbehov, bostadshöghus, Hepacon Oy.
Sidantal:	34
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	31.05.2017

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed energy systems
Identification number:	
Author:	Toni Pölönen
Title:	Jämförelse av livscykelkostnad för tak- och golvkyla i bostadshöghus
Supervisor (Arcada):	Kaj Karumaa
Supervisor (Hepacon):	Teemu Sirén
Commissioned by:	Hepacon Oy
<p>Abstract:</p> <p>Life-cycle costs are used to determine which alternative is more cost-efficient over a longer period. In this degree thesis life-cycle costs are compared for waterborne ceiling- and floor systems in a residential building. Comparison is done for a 25 year period. Both the ceiling- and floor system can be used for heating and cooling. The theory part includes more information about system functions and how they are experienced. Life-cycle cost calculations consist of investment-, energy-, maintenance- and service costs. Investment costs from the floor system take into account pipe, insulations, circuit distributors, valves, thermostats and their installation costs. Investment costs from the ceiling system take into account pipe, pipe insulations, ceiling panels, valves, mounting wires, connection hoses and their installations costs. Energy costs are based on real energy prices, district heating and cooling consumptions according to the building energy certificate and electricity consumption from the pumps. For maintenance there is reserved a calculated sum for yearly costs. Within 25 years the room thermostats have to be renewed, which causes service costs for both systems. Inflation, interest and energy price escalation are in the life-cycle calculations. The calculations don't take into account structural cost differences. Structure of the intermediate floor depends on which system is used and with the ceiling system more ceiling area is required in the apartments. Results of the comparison are that the floor system is cheaper than the ceiling system. Largest difference in costs comes from the investment costs.</p>	
Keywords:	Life-cycle costs, floor cooling, ceiling cooling, cooling requirements, residential building, Hepacon Oy.
Number of pages:	34
Language:	Swedish
Date of acceptance:	31.5.2017

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutus:	Hajautetut energiajärjestelmät
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Toni Pölönen
Työn nimi:	Jämförelse av livscykelkostnad för tak- och golvkyla i bostadshöghus
Työn ohjaaja (Arcada):	Kaj Karumaa
Työn ohjaaja (Hepacon):	Teemu Sirén
Toimeksiantaja:	Hepacon Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Elinkaarikustannuksia käytetään kustannustehokkaamman vaihtoehdon määrittämiseen pidemmällä ajanjaksolla. Opinnäytetyössä verrataan vesikiertoisien katto- ja lattiajärjestelmien elinkaarikustannuksia asuinkerrostalossa. Vertailu on tehty 25 vuoden ajanjaksolle. Katto- ja lattiajärjestelmää voidaan käyttää lämmitykseen ja viilennykseen. Teoriaosassa kerrotaan järjestelmien toiminnoista ja miten ne koetaan. Elinkaarikustannuslaskelmat koostuvat investointi-, energia-, kunnossapito- ja huoltokustannuksista. Lattiajärjestelmän investointikustannukset ottavat huomioon putket, eristeet, jakotukit, venttiilit, termostaatit ja niiden asennuskustannukset. Kattojärjestelmän investointikustannukset ottavat huomioon putket, putkieristeet, kattopaneelit, venttiilit, vaijerikannakkeet, yhdistäjäletkut ja niiden asennuskustannukset. Energiakustannukset pohjautuvat todellisiin energiahintoihin, rakennuksen energiatodistuksen kaukolämpö sekä -viilennyksen kuluihin ja pumppujen sähkönkulutukseen. Kunnossapitokustannuksia varten on laskettu vuosittainen summa kuluja. Huonetermostaatit uusitaan 25 vuoden sisällä, joka aiheuttaa molemmille järjestelmille huoltokustannuksia. Inflaatio, korko sekä energiahinnan eskalaatio ovat mukana elinkaarilaskelmissa. Laskelmat eivät ota huomioon rakenteellisia kustannuseroja. Välipohjan rakenne riippuu järjestelmästä ja kattojärjestelmä vaatii enemmän alakattopintaa huoneistoissa. Elinkaarikustannusten vertailutulos on että lattiajärjestelmä on kattojärjestelmää halvempi. Suurin kustannusero tulee investointikustannuksista.</p>	
Avainsanat:	Elinkaarikustannukset, lattiaviilennys, kattoviilennys, jäähdytystarve, asuinkerrostalo, Hepacon Oy.
Sivumäärä:	34
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	31.5.2017

INNEHÅLL

1	Inledning.....	7
2	Kylbehovet i bostadshöghus	8
3	Vattenburen värme- och kylsystem.....	9
3.1	Golvsystem.....	11
3.2	Taksystem	13
4	Livscykelkostnader	15
4.1	Livscykelkostnader i allmänhet.....	15
4.2	Livscykeln för exempelfallets system och enheter	16
4.3	Livscykelkostnadens beräkningsmetoder	16
4.3.1	<i>Inflation</i>	18
4.3.2	<i>Nominell ränta och realränta</i>	19
4.3.3	<i>Eskalation</i>	19
4.4	Energikostnader	20
5	Livscykelkostnadernas beräkning i exempelfallet	22
5.1	Fallbeskrivning.....	22
5.2	Installationstider och priser.....	24
5.3	Golvsystem installation- och materialkostnader	24
5.4	Taksystem installation- och materialkostnader	26
5.5	Underhåll- och servicekostnader	27
5.6	Energiförbrukning	28
5.7	Energipriser	28
5.8	Beräkning i exempelfallet	28
6	Resultat och kostnadsjämförelse	29
6.1	Livscykelkostnaderna	29
6.2	Livscykelkostnadsjämförelse	30
7	Analys av resultat	31
8	Slutsatser	32
	Källor	33

Figurer

Figur 1. Skiss på kopplingsschema för värme-/kylsystem med gemensamt nätverk ...	10
Figur 2. Samband mellan temperatur för daggpunkt, rumstemperatur och luftfuktighet	10
Figur 3. Installationsprincip på spiralformad golvkrets	11
Figur 4. Installationsprincip på radformad golvkrets	12
Figur 5. Samband mellan golvtemperatur och procent missnöjda	13
Figur 6. Samband mellan rumshöjd och temperaturskikt från optimala förhållanden, golv-, radiator- och takvärme	14
Figur 7. Samband mellan rumshöjd och temperaturskikt för tak-, golv- och väggkyla..	15
Figur 8. Samband mellan livscykelkostnad och år för både golv- och taksystemet.....	30

Tabeller

Tabell 1. Finlands årliga inflation 2006–2016	18
Tabell 2. Fjärrvärmepris, -prisförändring och eskalation.....	21
Tabell 3. Elpris, prisförändring och eskalation	21
Tabell 4. Fjärrkyla pris, prisförändring och eskalation.....	22
Tabell 5. Uträknad timlön för installationer	24
Tabell 6. Golvsystemets material- och installationskostnader	25
Tabell 7. Taksystemets material- och installationskostnader.....	27
Tabell 8. Energipriserna.....	28
Tabell 9. Värden som använts i beräkningen	29
Tabell 10. Livscykelkostnaderna för golvsystemet	29
Tabell 11. Livscykelkostnaderna för taksystemet	29
Tabell 12. Jämförelse på livscykelkostnaderna	30

1 INLEDNING

Folk är bättre informerade om inomhusklimat och kräver mer från bostäder än förut. Äldre bostäder har sällan kylning och när en bostadsköpare är efter en ny dyr bostad kan det vara kylningen som avgör köpbeslutet. I Helsingfors och andra orter har energiverken spridit på sina fjärrkylnät och gjort kyla en lättare tillgänglig energikälla. För dessa orsaker har det inom bostadshöghus nybygge börjat framträda fler kyllösningar. I detta arbete berättas det mer om två kyllösningar, som är tak- och golvkyla. En stor fördel med dessa två lösningar är att de kan användas för både uppvärmning och kylning.

Med jämförelse av livscykelkostnad för tak- och golvsystemen får man reda på vilken är det billigare alternativet. I detta examensarbete beräknas livscykelkostnaderna för en 25 års period. Livscykelkostnadsberäkningarna tar i beaktan systemets kostnader under bestämda tiden, inflation och energiprisets eskalation.

Exempelfallet i jämförelsen av livscykelkostnad är ett bostadshöghus med åtta våningar och källare. Huset är i Helsingfors och har överenskommit om att hållas konfidentiellt. För byggnaden har det planerats ett golvsystem med både uppvärmning och kylning.

Arbetet har gjorts som beställning för Hepacon Oy, som är ett av Finlands största företag inom husteknisk planering och konsultering. Arbetets resultat och information om livscykelkostnaderna är till nytta för Hepacon.

2 KYLBEHOVET I BOSTADSHÖGHUS

Kylbehovets mängd beror på byggnadens uppbyggnad och dess omgivning. Byggnadsplaneraren gör ofta beslut oberoende av andra som påverkar temperaturförhållandena i huset. Temperaturförhållanden kan påverkas mycket av fönsterstorlekar, riktningar, g-värde, med vädringsfönster och med strukturellt eller annat solskydd. Ju mera fönsteryta man har på syd- och västsidan desto större inverkan har g-värdet i fönstren. Strukturellt solskydd kan åstadkommas med balkonger, yttre persienner och markiser. Närliggande byggnader och stora träd kan ha stor inverkan på bostäders temperaturer. [1, s.2.]

Efter att byggnadsplaneraren gjort väsentliga besluten om byggnadens massor, fönsterstorlekar, riktningar, egenskaper och konstruktionstyper är det VVS-planeraren som får planera ventilationen och uppvärmningen. När VVS-planeraren dimensionerar ventilationen och uppvärmningen på basen av byggnadsplanerarens beslut blir inomhusklimatet enligt kundrespons bra på vintern, men lätt för varm på sommaren. [1, s.1.] Om energiplaneraren deltar i tidigt planeringsskede kan han se till att byggnaden har tillräckligt med passiva kyllösningar.

En bra kontroll på inomhustemperaturen under sommaren kräver kyllösningar för bostäderna. Som hjälp för planering av kyllösningar finns det kvalitetsnivåer S1, S2 och S3 för inomhusklimat. Grundnivån S3 kräver att inomhustemperaturen är oftast under 27 °C och bättre S2 under 25 °C. Både S3 och S2 kvalitetsnivåerna tillåter 100 °Ch (gradtimmar) över temperaturgränsen under perioden 1.6 till 31.8. S3 nivå nås oftast med strukturella lösningar. För att nå bättre kvalitetsnivåerna används kylning av tilluft eller bostadsspecifika kyllösningar. Kylan kan produceras med vattenkylare eller fjärrkyla. Kylning av tilluft kan förverkligas lätt om det finns centrerad ventilation genom att tillägga kylbatteri till ventilationsaggregatet. Om kylbehoven är större och S3 kvalitetsnivån inte kan nås med kylning av tilluft eller om det inte är möjligt gör man bostadsspecifika kyllösningar. När man skall kyla endast enstaka bostäder kan billigaste alternativet vara kompressorkylning i till- och frånluft eller split-typs kylaggregat. Om alla eller flesta bostäder kräver kylning är det naturligtast att ha ett vattenburet kylsystem. Kylbafflar eller fläktkonvektorer kan kopplas till ett vattenburet kylsystem. För att vara kostnadseffektiv kan det vara bra att utnyttja enheter med både värme- och kylegen-

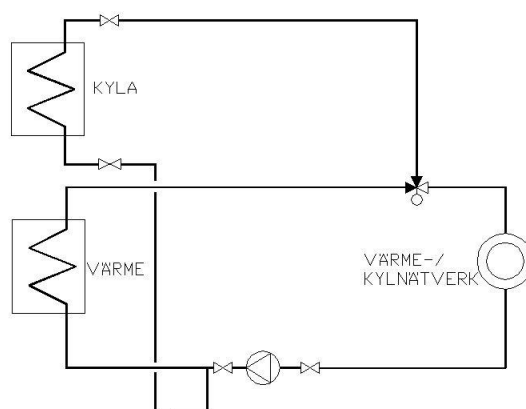
skaper, som kan kopplas till ett vattenburet system med värme eller kyla beroende på inställning i övervakningscentralen. [1, s.3.]

3 VATTENBUREN VÄRME- OCH KYLSYSTEM

Ett vattenburet systems princip består av tre helheter: energikälla, överföringsnätverk och förbrukningssenheter. Från energikällan leds värme eller kyla med rör till en värmeväxlare. Värmeväxlaren leder energin till ett rörnätverk, som använder vatten för energidistribution. Rören består oftast av stålrör, men koppar- eller flerskikts plaströr s.k. PEX rör kan också användas. Rörnätverket leder vätskan till förbrukningssenheter som kyler eller värmer rum. En viktig del av rörnätverket består av olika tillbehör så som cirkulationspump, slussventil, blandningsventil och styrventil. [2, s.119–120.]

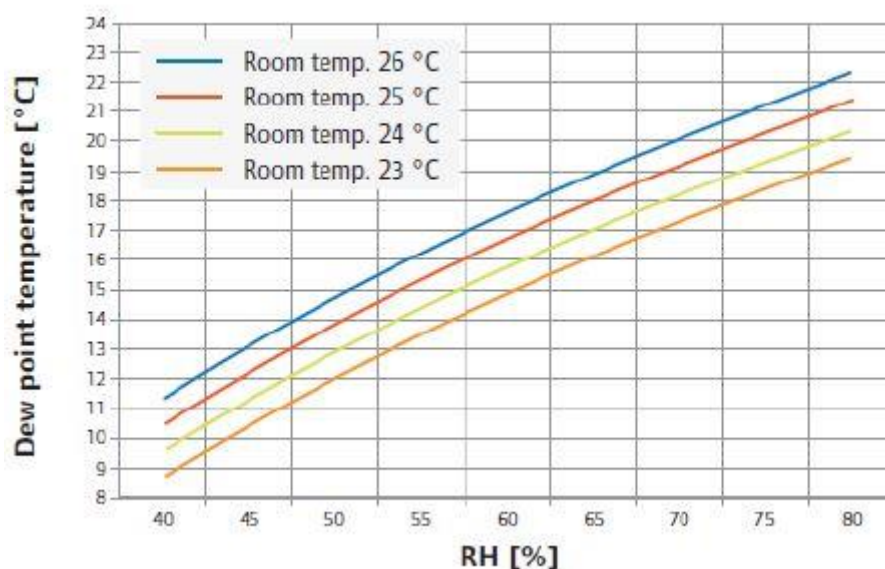
Som energikälla för vattenburen kylning används ofta vattenkylare eller fjärrkyla och för vattenburen värme används fjärrvärme, brännare eller jordvärme. I det här arbetet kopplas exempelfallet till fjärrkyla och -värme.

I arbetet används ett värme-/ kylsystem med gemensamt nätverk. Funktionsprincipen då nätverket övergår från värme till kyla fungerar förenklat på följande sätt: Centralen ger kommando till en 3-vägs styrventil om att stänga värme och släppa kyla, dessutom får pumpen kommando om att ändra flödet. Därefter fylls nätverket med kyld vätska istället för varm. Nätverket är dimensionerat enligt värmeeffekt. Genom att ha ett nätverk istället för två separata nätverk, d.v.s. ett för kyla och ett för värme, får man en kostnadseffektiv lösning. Lösningen gör att kyla och värme inte kan användas samtidigt, vilket betyder att om badrum skall ha värme behöver det ett eget nätverk. I figur 1 visas en förenklad skiss på kopplingsschema för systemet.



Figur 1. Skiss på kopplingsschema för värme-/kylsystem med gemensamt nätverk.

Daggpunkt är viktigt att ta i beaktan för ett kylsystem. För att fukt kan uppstå i stamrören i kylsystem är det bättre att använda sig av kopparrör i stället för stålrör, som kan lättare få rostskador. Det finns kylsystem som har möjlighet att föra kondensvatten från enheter till avlopp, men för system som inte har den möjligheten är det mycket viktigt att funktionsområdet hålls ovanför daggpunkten. Byggnadsautomationssystemet utför övervakning av daggpunkt genom temperatur- och luftfuktmätning och ser till att vätskan i nätverket inte har för låg temperatur. Figur 2 visar daggpunkten med hjälp av förhållande på rumstemperatur och luftfuktighet. [3]



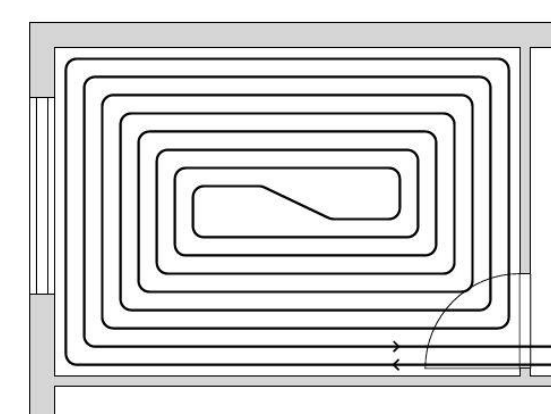
Figur 2. Samband mellan temperatur för daggpunkt, rumstemperatur och luftfuktighet. (Uponor Ratkaisuu 2015 - Kerrostalo)

3.1 Golvsystem

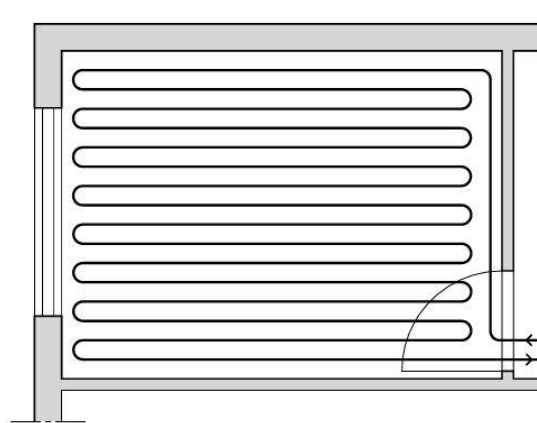
Istället för radiatorer i nybyggda bostadshöghus har golvvärme stigit till en allt mera populär lösning. Orsaken är för att golvkretsar tar betydligt mindre utrymme i bostäder, folk anser golvvärme behagligt och bostäder med golvvärme säljer bättre. Dessutom finns fjärrkylnätet mer tillgängligt än förut, som gör golvkyla ett lätt alternativ.

Dagens nybygge har bra isolering och effektbehovet för uppvärmning är ofta endast 30–50 W/m², som nås med golvtemperaturen 23–25 °C. Effekten för att nå den önskade golvtemperaturen med golvsystemet beror på hur bra golvmaterialiet leder värme. Betonggolv når effektbehovet då golvrören har temperaturen 30–35 °C. Om golvet har trästruktur kräver det pga. sämre värmeledningsförmåga temperaturerna 40–45 °C för golvrören. [4, s.3,5]

Husets värme-/kylnätverk leder till bostädernas golvvärmefördelar som placeras i golvkretsfordelarskåp. Golvkretsfordelaren kopplas till flera olika golvkretsar. [5, s.96–97] Golvkretsarna byggs med syrediffusion skyddat plaströr, plastbelagd kopparrör eller aluminiumstärkt mångskiktrör. Rören installeras i betonggolv med spiral eller rad form, medan för trägolv används alltid rad form. [6, s.2] Figur 3 visar installationsprincip för spiralinstallation och figur 4 på radinstallation.



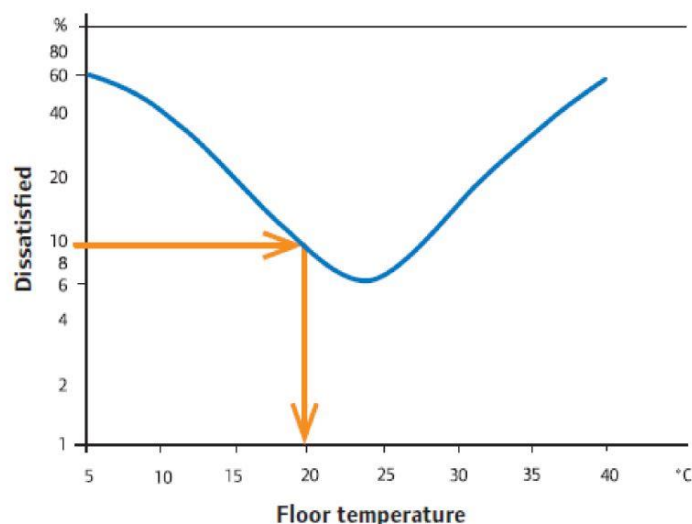
Figur 3. Installationsprincip på spiralformad golvkrets (RT 52-10801 Vesikiertoinen lattialämmitys)



Figur 4. Installationsprincip på radformad golvkrets (RT 52-10801 Vesikiertoinen lattialämmitys)

Vid kylning använder golvkretsen temperaturerna 17–20 °C. Vilket betyder inte att golvetets temperatur skulle vara 17–20 °C. [7, s.3] Golvkretsar dimensioneras så att golvetets temperatur aldrig sjunker under 20 °C. [3] Högsta möjliga kyleffekten för normala golvsystem är beroende på golv ytmaterial och rörstorlek ca. 7 W/m²·°C. Varav 1,5 W/m²·°C konvektion och 5,5 W/m²·°C strålning. Då en golvetets medeltemperatur är 20 °C och rumstemperaturen 26 °C når man med 6 °C temperaturskillnad upp till ca. 42 W/m² kyleffekt. I normala utrymmen tillåts högst 50 W/m² kyleffekt p.g.a. komfort och säkerhetsorsaker. Om golvytan utsätts för direkt solstrålning kan man tryggt nå högre kyleffekt. Under direkt solstrålning kan kyleffekten överskrida 100 W/m². [8, s.10–11]

Enligt internationella standard ISO 7730 känner 10 % av människor 20 °C som obekvämlig golvtemperatur. Minst upplevs golvtemperaturen obekvämlig vid 24 °C, men då också upplever 6 % av människor temperaturen obekvämlig. Alltså finns det inte en temperatur på golvet som alla är nöjda med. Golvkretsen kyler golvtemperaturen till 20–21 °C, vilket gör att vi har bra kyleffekt utan att ha för många missnöjda. Figur 5 visar en förhållandet på golvtemperatur och procenten missnöjda. [3]



Figur 5. Samband mellan golvtemperatur och procent missnöjda (Uponor Ratkaisu 2015 - Kerrostalo)

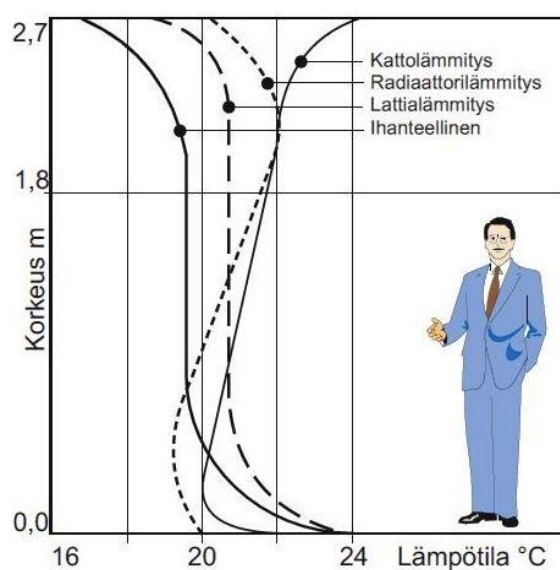
3.2 Taksystem

För kylning av utrymmen från taket finns det som lösningar fläktkonvektorer, aktiva- och passiva kylbafflar. För att få en kostnadseffektiv lösning är det bra att ha ett system med både uppvärmning- och kylegenskap. Takpaneler med både värme och kylegenskap finns som en lösning. Från estetisk synvinkel kan taksystemet vara sämre än golvsystemet. Takpanelerna är synliga i rummet medan golvkretsen är gömd.

Takpanelsystem sprider värme med hjälp av strålning och konvektion medan kyla sprids med konvektion. Taksystem är vanligare i industri, kontor och allmänna byggnader. Flera takpanelsystem fyller hela undertaket med paneler medan andra endast med några mer effektiva paneler. I kontor och allmänna byggnader passar det bra med taksystem som fyller hela undertaket. Bostäder har ofta låga rumshöjder och begränsat med undertak, vilket gör taksystem som fyller hela undertaket ovanliga. Fördelar med takpanelsystem är att de kräver lite uppehåll, är ljudlöst, samlar inte damm och är hygienisk.

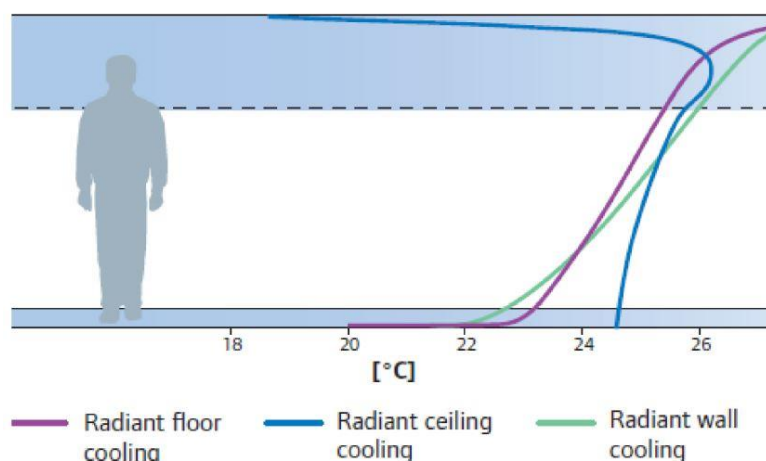
Enligt bestämmelser och anvisningar K1 för byggnaders uppvärmning med fjärrvärme rekommenderas det för uppvärmningskretsar i nybygge tur och retur temperaturerna 45–30 °C. [9, s8] Som exempel i arbetet för takpaneler används ituGraf strålningspanel av Itula. Högsta tillåtna inmatnings temperatur för panelen är 55 °C och när panelen plane-

ras för normala rumshöjder (under 3m), bör medeltemperaturen för panelen vara under 45°C för att undvika osymmetri i värmestrålning. Kraven uppfylls med 45–30 °C dimensionering som ger medeltemperatur 37,5 °C. Med nämnda dimensionering får vi ca 215 W/m² värmeeffekt från ituGraf panelerna i rumstemperatur 21 °C. Placering av panelerna i ett rum skall planeras jämt över hela rummet med betoning på placering nära fönster och ytterväggar för att undvika drag. [10, s.5] Takvärme har sämre uppvärmningsförmåga jämfört till radiator och golvvärme. Figur 6 visar temperaturskikt i ett 2,7 meter högt rum för olika värmesystem.



Figur 6. Samband mellan rumshöjd och temperaturskikt från optimala förhållanden, golv-, radiator- och takvärme. (Harju Pentti. Lämmitystekniikan oppikirja, s.96)

Vid kylning är det viktigt för kylbafflar att inte kondensera och lika är det för takpanel-system, vilket betyder att dagpunktsövervakning behövs. [11, s.5] I takpanelens krets rekommenderas 3 graders skillnad tur och retur temperatur, vilket betyder att lika som till golvkretsens temperaturer 17–20 °C passar bra för takpaneler också. Då rumstemperaturen är 25 °C har ItuGraf strålningspanelen maximal kyleffekt ca 74 W/m². [10, s.2] Bästa temperaturskikt får vi då man kyler från taket. Figur 7 visar temperaturskikten för golv-, vägg och takkyla.



Figur 7. Samband mellan rumshöjd och temperaturskikt för tak-, golv- och väggkyla (Uponor Ratkaisu 2015 - Kerrostalo)

4 LIVSCYKELKOSTNADER

4.1 Livscykelkostnader i allmänhet

Livscykelkostnader förkortas som LCC, vilket kommer från engelska life-cycle cost. Med livscykelkostnader menas kostnader som uppstår för ett fall under dess livscykel. Fallets livscykel är den tid när byggnaden börjar planeras till byggnadens avveckling. Typiskt används beräkningsperioder 5, 15, 25 och 50 år för LCC. [12, s.6] Livscykelkostnader består av följande delar: Anskaffningskostnader (kapitalkostnader och investeringskostnader), finansieringskostnader, underhållskostnader, servicekostnader, underhållskostnader, värme-/kylenergi-kostnader, elenergi-kostnader, miljökostnader, restvärde, beräkningsperiod längd och beräkningsränta. [12, s.35]

Livscykelkostnadsberäkningar kan användas för att bestämma förverkligande sättet mellan olika upphandlingsmodeller, för att välja mellan alternativa planeringslösningar och för att jämföra mottagna byggoffert. [12, s.9] Fördelen med att jämföra olika upphandlingsmodeller är att man blir tvungen och identifiera och ta fram saker som påverkar fallets helhetsekonomi och risker samt analysera skillnaderna. Det här garanterar att beslutfattande för förverkligande sättet har så bred och kvalitativ information som möjligt. [12, s.18]

Dåliga anskaffningar eller planeringslösningar kommer ofta fram först under byggarbetet eller senast vid bruk, vilket är för sent. Därför är byggnadens livscykel viktig att betraktas vid investeringsskede, varvid målsättning för rimliga kostnader kan uppfyllas. Vid investeringsskede kan det ännu reageras på om någon av anskaffningarna inte kommer att kunna betala sig tillbaka under passlig tid. Som exempel kan det vara bättre att investera i en dyrare enhet om den kan betala sig tillbaka under passlig tid. För dessa orsaker skall man kunna presentera abonnenten flera alternativa möjligheter och deras kostnader.

4.2 Livscykeln för exempelfallets system och enheter

För livscykelberäkningarna har system och enheters tekniska livstid stor betydelse. Tekniska livstiden påverkas av omständigheterna, bruk och underhållsåtgärder. För byggnaders system görs underhållsplaneringar. I underhållsplaneringarna ger man anvisningar individuellt för byggnader. Anvisningarna är bl.a. inspektionsintervall, underhållsåtgärder som utförs i samband med inspektioner och förnyelseperioder för olika system. [12, s.25–26]

Ekonomiskt lönsamma livstiden för fjärrvärmeanläggning är 20–25 år, varefter det är billigare att förnya hela anläggningen istället för att reparera. Fjärrvärmeanläggningens livstid påverkas av planerade anordningen och dess installations kvalitet, dess bruk och vattenkvalitet. [13, s.5] Anläggningarna för fjärrvärme och fjärrkyla är väldigt lika och därför kan samma livstider tillämpas för fjärrkyla.

Livstiden för vattenburna golvvärmerör är 30–50 år. Termostater är bra att förnyas med 10–20 års mellanrum. [14] Exempel takpanelen har inga slitande delar och har enligt tillverkaren livstiden 50 år. [15]

4.3 Livscykelkostnadens beräkningsmetoder

I det här kapitlet presenteras beräkningsformlerna som livscykelkostnaderna i exempelfallet räknas med.

Livscykelkostnaden för en investering kan beräknas med formel 1.

$$LCC = Ki + Ke + Ku + Ks \quad (\text{formel 1})$$

LCC Totala kostnaden över systemets livslängd (€)

Ki Investeringskostnader (€)

Ke Nuvärde för energikostnader (€)

Ks Nuvärde för servicekostnader (€)

Ku Nuvärde för underhållskostnader (€). [16].

Energi-kostnadernas nuvärde fås med formel 2.

$$Ke = E \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = E \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (\text{formel 2})$$

Ke Nuvärde för energikostnader (€)

E Årliga energikostnader (€/a)

n Kontrollperiodens längd

r Realränta (%/100). [16].

Underhållskostnadernas nuvärde fås med formel 3.

$$Ku = U \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^k} = U \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (\text{formel 3})$$

Ku Nuvärde för underhållskostnader (€)

U Årliga underhållskostnader (€/a)

n Kontrollperiodens längd

r Realränta (%/100). [16].

Servicekostnadernas nuvärde fås med formel 4.

$$Ks = \frac{S_k}{(1+r)^k} = a'_{y'k} S_k \quad (\text{formel 4})$$

Ks Nuvärde för servicekostnader (€)

S_k Enstaka servicekostnader (€)

r Realränta (%/100)

$a'_{y'k}$ Enstaka servicekostnaders diskonteringskoefficient som tar i beaktande inflation.

k År från nutid, som hänför sig till kapitalet. [16].

4.3.1 Inflation

Inflation betyder att penningvärde minskar. Inflation är viktigt att ta i beaktan vid livscykelberäkningar för att senare kostnader skall kunna vara jämförbara i nutid. Som exempel är realvärdet för en summa i nutid mer värdefull än vad samma summa är om 20 år. [17, s.753] Tabell 1 visar Finlands årliga inflation från år 2006 till 2016.

Tabell 1. Finlands årliga inflation 2006–2016 [18].

År	Inflation
2006	1,6 %
2007	2,5 %
2008	4,1 %
2009	0,0 %
2010	1,2 %
2011	3,4 %
2012	2,8 %
2013	1,5 %
2014	1,0 %
2015	-0,2 %
2016	0,4 %
Genomsnitt	1,67 %

Med diskontering får vi penningvärdet i nutid jämförbart till framtida kostnader. För att få diskonteringsräntan för en engångskostnad använder man formel 5.

$$a'_{y'k} = \frac{1}{(1+r)^k} \quad (\text{formel 5})$$

- $a'_{y,k}$ Enstaka underhållskostnaders diskonteringskoefficient som tar i beaktande inflation.
- r Realränta (%/100)
- k År från nutid, som hänför sig till kapitalet. [19].

För repetitiva kostnader får man diskonteringsräntan med formel 6.

$$a_n = \frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} = \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad (\text{formel 6})$$

- a_n Periodiska utförandenas diskonteringskoefficient
- n Kontrollperiodens längd
- r Realränta (%/100). [19].

4.3.2 Nominell ränta och realränta

Nominell ränta berättar avkastningskravet för investeringen. Nominella räntan tar inte i beaktan inflation. Realränta tar i beaktan inflation. Realräntan kan beräknas med formel 7, då man vet inflationen och nominella räntan. [19].

$$r = \frac{i-f}{1+f} \quad (\text{formel 7})$$

- i Nominell ränta (%/100)
- f Inflation (%/100). [19].

4.3.3 Eskalation

Allmän inflation beskriver endast vissa produktgruppers prisökning i genomsnitt. Enstaka produkters och förnödenheters prisutveckling kan avvika mycket från den allmänna inflationen, vilket kallas eskalation. Energipriset kan ändras snabbt och allmänna prisutvecklingen avviker p.g.a. världspolitiska orsaker. Energiprisets inflation, alltså energiprisets eskalation tar i beaktan energiprisets realränta med formel 8.

$$r_e = \frac{i-e}{1+e} \quad (\text{formel 8})$$

i Nominell ränta (%/100)
 e Energiprisets inflation. [19].

Vidare kumulativa utföringars diskonteringsränta fås med formel 9.

$$a'' = \frac{1-(1+r_e)^{-n}}{r_e} \quad (\text{formel 9})$$

r_e Energiprisets realränta
 n Kontrollperiodens längd

I formel 9 betyder två kommatecken att eskalation tas i beaktan. [19].

4.4 Energikostnader

Energibehovet för huset beror på hur mycket fjärrvärme och -kyla behövs. Energikostnaderna för fjärrvärme kan räknas med formel 10.

$$K_{energiFV} = E_{FV} \times P_{FV} \quad (\text{formel 10})$$

$K_{energiFV}$ Energikostnaderna för förbrukad fjärrvärme (€/a)
 E_{FV} Mängden förbrukad fjärrvärme (kWh)
 P_{FV} Priset för fjärrvärme (€/kWh). [16].

Samma formel kan användas för att räkna fjärrkylans energikostnader med dess motsvarande data.

Offentlig statistik för fjärrvärme- och elpriser finns i nätet. Tack vare tillgänglig data får man uträknat eskalation för energiformerna. Tabell 2 och 3 visar nationella medelvärden för fjärrvärme- och elenergipriser, prisändring och eskalation åren 2006–2016.

Tabell 2. Fjärrvärmepris, -prisförändring och eskalation [20].

År	Fjärrvärmepris €/MWh	Fjärrvärme pris- förändring	Fjärrvärme es- kalation
2006	43,17	4,4 %	1,6 %
2007	45,06	7,3 %	-1,2 %
2008	48,35	15,3 %	-8,1 %
2009	55,76	-3,2 %	9,5 %
2010	53,99	12,1 %	-5,4 %
2011	60,50	7,4 %	-1,3 %
2012	64,97	7,7 %	-1,6 %
2013	69,98	0,5 %	5,5 %
2014	70,32	2,3 %	3,6 %
2015	71,97	-0,5 %	6,6 %
2016	71,58	1,6 %	4,3 %
Genomsnitt	59,6	5,0 %	1,2 %

Tabell 3. Elpris, prisförändring och eskalation [21].

År	Elpris c/kWh	El prisföränd- ring	El eskalation
2006	11,8	6,6 %	-0,6 %
2007	12,5	4,9 %	1,1 %
2008	13,2	11,1 %	-4,6 %
2009	14,6	1,8 %	4,1 %
2010	14,9	16,7 %	-9,2 %
2011	17,4	2,7 %	3,2 %
2012	17,8	1,3 %	4,6 %
2013	18,1	0,8 %	5,1 %
2014	18,2	0,3 %	5,7 %
2015	18,3	-2,0 %	8,1 %
2016	17,9	6,1 %	-0,1 %
Genomsnitt	15,9	4,6 %	1,6 %

För fjärrkyla finns inte offentlig samlad prisdata. Tabell 4 visar energipriset på fjärrkyla från somrarna åren 2012–2016 av Helen (Helsingfors energi) och dess uträknade prisförändring och eskalation. Orsaken för att 2016 prisförändring och eskalation inte är uträknad är pga. att priset för sommaren 2017 inte är ännu tillgängligt.

Tabell 4. Fjärrkyla pris, prisförändring och eskalation [22].

År	Fjärrkyla pris €/MWh	Fjärrkyla pris- förändring	Fjärrkyla eska- lation
2012	32,2	4,4 %	1,5 %
2013	33,6	-7,5 %	14,5 %
2014	31,1	2,3 %	3,6 %
2015	31,8	-2,1 %	8,2 %
2016	31,2		
Genomsnitt	32,0	-0,7 %	7,0 %

5 LIVSCYKELKOSTNADERNAS BERÄKNING I EXEMPELFALLET

5.1 Fallbeskrivning

Exempelfallet är ett bostadshus i Helsingfors med åtta våningar och källare. Huset är kopplat till Helsingfors fjärrvärme- och fjärrkylnätverk. Värmedistributionsrummet är i källaren. Det finns 76 bostäder och bostadsarean varierar mellan 30–132 m². Summan av bostadsarea är 4480 m². Mellanbjälklag i exempelfallet är håldäckselement med flytande ytplatta. Beräkningen tar inte i beaktan mellanbjälklagets kostnader och hur mycket kostnaderna skulle ändras på mellanbjälklagets material och installation om taksystemet används istället för golvsystemet. Med takkyla skulle det finnas mera undertak, vilket konstruktion kostnader tas inte i beaktan i beräkningarna. Allmänna utrymmen i byggnaden är inte med i beräkningarna endast bostäderna.

För exempelfallet har det planerats ett vattenburet golvsystem. Varje bostad har en egen golvfördelare. Termostater finns åtminstone en per bostad. Bostäder med rum på olika sidor av huset har flera termostater. Golvnätverket är dimensionerat för temperaturerna 35/30 °C. Nätverkets uppgående linjer är placerade i trappuppgången. Rören är stålrör ända till underhållsluckorna i bostädernas tamburer. Vid underhållsluckan finns två sluss- och en styrventil varefter rören är flerskiktiga plaströr ända till värmefördelaren. Rörens storlekar är 15–80 mm. Stålrören isoleras med mineralull ända till trappupp-

gångens och bostädernas väggar, varefter flerskikts plaströr isoleras med cellgummi ända till golvkretsfordelaren.

Planerade golvrören är pePEX 17x2mm – rör och har varierande installationsmellanrum 150/300mm. Med nämnda golvrör kan man ha golvkretsar som har minst 15 meter rör eller som högst täcker 20 m². Fastigheten har sammanlagt 76 värmefördelare varifrån det far tillsammans 224 golvkretsar. Varje krets regleras från värmefördelarna. Golvkretsfordelarna befinner sig i deras planerade platser i kretsfordelningsskåp, varav i vissa bostäder är kretsfordelningsskåpet placerad under gruppcentralen.

För golvsystemets beräkning tas följande i betraktande: Rör, rörisoleringar, golvkretsfordelare, slussventiler, styrventiler, rumstermostater, isolering som installeras för golvkretsen och deras installationskostnader.

För badrum finns det ett skilt golvvärmesystem, vilket innebär att uppvärmning i badrum är möjlig utanför uppvärmningsperioden. Systemet för badrummen tas inte i beaktan i beräkningarna.

För takvärmesystemet dimensioneras stamrören för temperaturerna 45/30 °C. Nätverkets rörrutter är samma som för golvsystemet ända till bostädernas underhållsluckor. Rören är stålrör så som i golvsystemet, men istället för att byta till flerskikts plaströr vid underhållsluckan fortsätter rören som stålrör till takpanelen där de kopplas till panelen med en kopplingsslang. Isoleringen byter lika som i golvsystemet till cellgummi isolering i bostäderna.

I taksystemets beräkning tas följande i betraktande: Rör, rörisoleringar, takpaneler, slussventiler, styrventiler, termostater, monteringsvagnar, kopplingsslangar och deras installationskostnader.

Materialkostnadsberäkningarna tar inte i betraktande fjärrvärme och fjärrkylans värmewäxlare. Värmewäxlarna för golvsystemet och taksystemet är väldigt lika och orsakar inte betydlig skillnad i kostnaderna. Dessutom görs beräkningarna så att fjärrvärme och -kylans energiförbrukning är samma för båda systemen.

5.2 Installationstider och priser

För att kunna uppskatta arbetstider för installationer används installationstekniska VVS-branschens kollektivavtal. [23]. Olika ventilers sammanlagda material- och installationskostnader kommer från en enhetskostnadskatalog av Hepacon. [24]. Termostaternas elarbeten får enhetspriserna ur en bok av Sähköinfo Oy. [25] Arbetspriset för installationer har bestämts att vara 40 €/NH (euro per normaltimme), som innehåller social- och allmänna utgifter. Arbetspriset kommer från löneklassen 4 för rörbranschen, som är 16,6€/h. [23, s. 14]. Till lönen tilläggs socialutgifterna. Enligt skatteförvaltningen är socialutgifterna 70 %, när lönesumman är högst 840 940€. [26]. När socialutgifterna tas i beaktan blir timlönen 28,2 €. Till timlönen tilläggs allmänna utgifter 25 % och 15 % bidrag, som är sammanlagt ungefär 40€/NH.

Tabell 5. Uträknad timlön för installationer.

Löneklass 4	Socialutgifter	Allmänna utgifter	Bidrag	Summa
16,6	11,6	7,1	4,2	39,5

5.3 Golvsystem installation- och materialkostnader

Golvsystemets plaströr använder installations värde 0,038 NH/m från kollektivavtalet. [23, s. 113]. Summan av golvrör i byggnaden är 21 910 meter, vilket ger 833 normaltimmar för installation. Priset för installationen blir då 33 320 €.

Installationspriset för golvkretsens fördelarskåp har värdet 0,3 NH/st. [23, s. 104]. Det finns 76 fördelningsskåp. Priset för deras installation blir 912 €.

Kollektivavtalet ger olika värden för installation av stamrören beroende på rörstorlek NH/m. Stålrören och plaströr har egna tabeller. [23, s. 103, 109] Enligt beräkningar blir summan av rörinstallationen 710 normtimmar, som ger priset 28 400 €. Stamnätverkets sluss- och styrventiler tas i beaktan med Hepacons enhetskatalog. [24]. Ventilernas material och installationskostnader beräknas vara 10 892 €. Rörisoleringsarbeten bestäms enligt rörstorlek, isoleringsmaterial och isoleringsmaterialstorlek med värdet

NH/m [23, s. 124, 129,130] Kostnaderna för rörisolationernas installation är för mineralull 10 500 € och för cellgummi 6 980 €.

Termostaterna använder kabel MMJ 3x1,5S. Det finns 147 termostater och kabellängderna är 10 meter. För installationen används kabel MMJ 3x1, 5S/0, pris 3,07 €/m och kopplingen MMJ 3x1,5S/OKYT har priset 5,57 €/st. [25] Installationskostnaderna för termostaterna blir 5 331 €.

Materialkostnader är beräknade med aktuella finska konsumentpriser från taloon.com nätsidan. Material mängderna är beräknade från fallets värmeplaneringar. Ventilernas materialkostnader ingår i installationskostnaderna. Summan för materialkostnaderna blev 127 683 €. Tabell 6 visar kostnaderna för golvsystemet.

Tabell 6. Golvsystemets material- och installationskostnader.

Stamrör	15 036
Golvrör	36 696
Golvkretsfordelare	37 240
Termostater	6 174
Isolering	9 451
Golvisolering	23 296
Summan av materialkostnader	127 893
Installationskostnader	96 335
Summan av material- och installationskostnader	224 228

Summan av investeringskostnaderna för golvsystemet är 225 000€, som ger priset per m² mot hela bostadsarean ca 50,3 €/m².

5.4 Taksystem installation- och materialkostnader

I kollektivavtalet har kylbalkar installationskostnad enligt balkarnas tyngd. I beräkningen används samma installationskostnad för takpanelerna. Installationskostnadens värde för takpanelerna blir 1,00 NH/st. Med 387 stycken paneler blir installationspriset 15 480 €. [23, s. 113]

Stamrörens installationspris beräknas med värden från kollektivavtalet. Priset beror på rörets storlek med värdet NH/m. [23, s. 103] Beräkningen ger 1 310 normtimmar för installationen av rör, som ger priset 52 400€. Ventilernas kostnader beräknas med hjälp av Hepacons enhetskatalog. [24] Kostnaden för ventilernas material och installation beräknas vara 20 748 €. Rörisoleringsarbeten beräknas också med kollektivavtalet. Kostnadsvärdet för isoleringsarbeten beror på röretstorlek, isoleringsmaterial och isoleringsmaterialets storlek. [23, s. 124, 129,130] Isoleringsarbeten beräknas ha kostnaden 36 520 €.

Termostaternas mängd hålls lika som för golvsystemet. Installationskostnaderna antas vara samma för termostaterna i taksystemet 5331 €.

Exempel för takpanelernas materialkostnader kommer från Itula. Materialkostnaden för 387 stycken paneler är 108 165 €. För monteringsvagnar och kopplingsslangarna är kostnaden 15 480 €. [15]. Ventilernas materialkostnader ingår i installationskostnaderna. Andra materialkostnader är igen från nätsidan taloon.com. Material mängderna är beräknade på basen av fallets modifierade värmeplaneringar med dimensionering 45/30 °C för rören. Summan för materialkostnaderna blev 159 821 €. Tabell 7 visar kostnaderna för taksystemet.

Tabell 7. Taksystemets material- och installationskostnader.

Stamrör	17 154
Termostater	6 174
Isolering	12 848
Paneler	108 165
Monteringsvagnar och kopplingsslangar	15 480
Summan av materialkostnader	159 821
Installationskostnader	130 479
Summan av material- och installationskostnader	290 300

Investeringskostnaderna för taksystemet är 291 000€, som är ca 65,0 €/m².

5.5 Underhåll- och servicekostnader

Värme- och kylsystem är gjorda för att hålla och därför är det väldigt svårt att förutspå hur mycket underhåll systemet kommer att behöva. I detta arbete antas det en del underhållsarbeten görs varje år. Beräkningarna antar att reparatören arbetar en dag i månaden, vilket blir 12 dagar i året. Reparatören använder samma 40€/NH arbetslön och arbetstimmar samlas 96 timmar om året. För reparationerna måste det också antas materialåtgång. För båda systemen förväntas 800 € materialkostnader per år. Detta innehåller bl.a. termostaters justering och granskning, ventilers justering, enhetsbyte och stamrörens luftavledning. Underhållskostnaderna blir då årligen 4 640 €.

Servicekostnaden kommer från att rumstermostaterna förnyas för båda systemen på 15 året. Kostnaderna består av ominstallationskostnader och termostaternas materialkostnader. Nuvärdet för servicekostnaden är 6 207 €.

5.6 Energiförbrukning

Pumparnas energiförbrukning definieras av pumpar dimensionerade för exempelfallet. För energiförbrukningen beräknas årskostnad för elförbrukning och årliga elkostnader enligt genomsnitt för elprisets eskalation. Golvsystemets cirkulationspump använder enligt tillverkaren el 2009 kWh/år och pumpen för taksystemet 972 kWh/år. [27].

Byggnadens energicertifikat har värdet för fjärrvärmeförbrukning 373 000 kWh/år och för fjärrkylan 4 800 kWh/år. [28]. Om kylbehovet är så lågt som energicertifikatet påstår kan man ifrågasätta om det är lönsamt att investera i ett dyrt kylsystem som utnyttjas väldigt lite.

5.7 Enerkipriser

Tabell 8 visar energipriserna som används i beräkningarna. Månadskostnaden för fjärrkyla är inte tillgänglig eftersom den varierar från byggnad till byggnad enligt energiförsäljarens offert.

Tabell 8. Enerkipriserna [19,20,21].

Energikostnader	Energi €/MWh	Månadskostnad €/månad
El	179,1	9,9
Fjärrvärme	71,6	44,7
Fjärrkyla	31,2	-

5.8 Beräkning i exempelfallet

För att beräkna livscykelkostnaderna används formel 1. Beräkningarna görs för en 25 års period. Under dessa 25 år förnyas rumstermostaterna för båda systemen vid 15 året.

Realräntan som används i beräkningarna är 4,2 %. Den är räknad med formel 7, där nominellräntan är 6 %. Realräntan för energiformerna fås från tabell 2, 3 och 4. För elpriset används realränta 1,6 %, för fjärrvärme 1,2 % och för fjärrkyla 7 %. Tabell 9 visar värden som används i beräkningarna.

Tabell 9. Värden som använts i beräkningen.

Inflation	1,7 %
Nominellränta	6 %
Realränta	4,2 %
Realränta för el	1,6 %
Realränta för fjärrvärme	1,2 %
Realränta för fjärrkyla	7,0 %

6 RESULTAT OCH KOSTNADSJÄMFÖRELSE

6.1 Livscykelkostnaderna

Tabell 10 visar kostnaderna för golvsystemets livscykel och tabell 11 kostnaderna för taksystemets livscykel.

Tabell 10. Livscykelkostnaderna för golvsystemet.

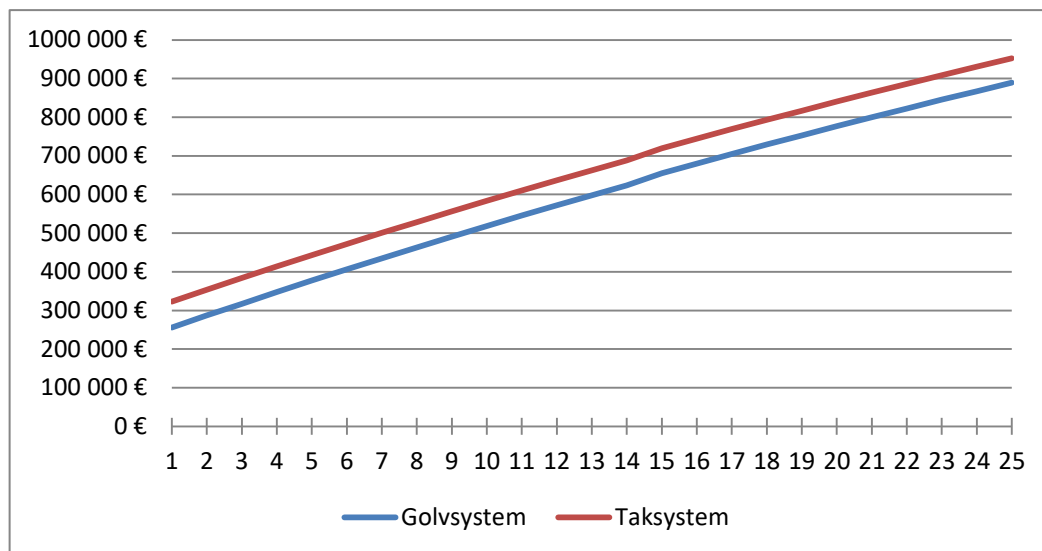
LCC för 25 år	€
Investeringskostnader	224 228
Nuvärde för energikostnader	587 995
Nuvärde för underhållskostnader	70 978
Nuvärde för servicekostnader	6 207
Totalkostnad	889 408

Tabell 11. Livscykelkostnaderna för taksystemet.

LCC för 25 år	€
Investeringskostnader	290 300
Nuvärde för energikostnader	584 187
Nuvärde för underhållskostnader	70 978
Nuvärde för servicekostnader	6 207
Totalkostnad	951 672

6.2 Livscykelkostnadsjämförelse

I figur 8 presenteras 25 års livscykelkostnader för både golv- och taksystemet. Tabell 12 presenterar livscykelkostnaderna.



Figur 8. Samband mellan livscykelkostnad och år för både golv- och taksystemet.

Tabell 12. Jämförelse på livscykelkostnaderna.

LCC 25 år	LCC
Golvsystem	889 408
Taksystem	951 672
Kostnadsskillnad	62 264
Kostnadsskillnad %	6,5 %

7 ANALYS AV RESULTAT

Resultaten från beräkningen visar att golvsystemet är billigare än takkyla under 25 års livscykel. Skillnaden kommer från investeringskostnaderna. Då man jämför materialkostnaderna för golvsystemets golvrör, golvkretsfordelare och golvisoleringar till taksystemets paneler, monteringsvagnar och kopplingsslangar är taksystemets material 26 400 € dyrare. I taksystemet finns det fler ventiler, som orsakar jämfört till golvsystemet 9 800 € mer kostnader från ventilernas material och installationskostnader. Totala skillnaden på investeringskostnaderna är 66 000 €.

Resten av kostnaderna är väldigt lika för båda systemen. Inom 25 år görs samma underhåll och service för båda systemen, vilket orsakar ingen skillnad till kostnadernas jämförelse. Liten skillnad orsakas av energikostnaderna. Pumpen för golvsystemet förbrukar mer el, vilket gör att taksystemets energiförbrukning är i nuvärde 3 800 € billigare.

I verkligheten skulle underhållskostnaderna för systemen vara olika, men det är väldigt svårt att uppskatta underhållsbehovet för båda systemen. Värme- och kylsystem är gjorda för att hålla och då huset är nytt borde behovet för underhåll vara noll. Desto äldre huset blir desto mer underhåll kommer den att behöva, men hur mycket underhåll systemen kommer att behöva kan man inte veta. Därför har underhållskostnaderna bestämts att vara lika.

Livscykelkostnaderna på 25 år blev 62 000 € billigare för golvsystemet, vilket motsvarar 6,5 % i jämförelse till taksystemets livscykelkostnad.

8 SLUTSATSER

På basen av arbetets beräkningar kan man konstatera att golvsystemet är ett billigare alternativ jämfört till taksystemet. Dessutom kräver golvsystemet endast undertak i tamburen, vilket gör rummen högre och mer estetiska.

Tak- och golvsystemet har i beräkningarna samma energikostnader om man bortser pumpens elkostnad. I verkligheten kommer fjärrvärme och -kyl förbrukningen ha andra värden. Enligt energicertifikatet för exempelfallet är kylförbrukningen väldigt låg. Kylbehoven tyder att kylning endast behövs på väldigt varma dagar.

Investeringskostnaderna hade mest inverkan på skillnaden i livscykelkostnadernas resultat. Materialkostnaderna i beräkningarna är aktuella konsumentpriser, som byggtreprenörer får betydligt billigare med stora inköp. Byggtreprenörer använder sig av samma kollektivavtal när de beräknar installationskostnader. Investeringskostnaderna baseras på teknikens kostnader, medan strukturella byggkostnader inte är medräknade. Det bör därför noteras att tilläggsarbeten på mellanbjälklaget eller undertaket beroende på system inte tas i beaktan. Om mellanbjälklaget kräver gjutning på bygget för golvkretsen kommer det väntetider för torkning som ökar kostnader.

Andra kostnaderna i beräkningen bidrog relativt lite till kostnadsskillnader mellan systemen. Kostnadsskillnader skulle finnas mer om underhålls- och servicekostnaderna betraktades närmare eller om enheterna i värmefördelningsrummet dimensionerades för båda systemen.

Det kunde ha varit intressant med en livscykelberäkning för 50 år, vilket skulle innehålla linjesanering för fastigheten. Linjesanering innehåller rivningar och ominstallation av system.

I framtiden kan beställaren på basen av beräkningarna rekommendera golvsystemet för kunder. Från arbetet kan man presentera resultaten om att golvsystemets livscykelkostnader i bostadshöghus är 6,5 % billigare jämfört till taksystemets.

KÄLLOR

1. Rakennustieto Oy, *Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinkerrostaloissa*. 2007. LVI 30-10416
2. Seppänen Olli. 1995. *Rakennusten lämmitys*. Jyväskylä. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry.
3. Uponor Suomi Oy, *Uponor Ratkaisu 2015-Kerrostalo*. Uponor presentation för golvkyta.
4. Uponor Suomi Oy, *Lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje*. 2015. Nätdokument. Tillgänglig: https://issuu.com/uponorfi/docs/5031_lattialammituksen_asennus_kayt_60bf5865b187f6 (Hämtad: 14.3.2017)
5. Harju Pentti. 2010. *Lämmitystekniikan oppikirja*. Kouvola. Penan tieto-opus.
6. Rakennustieto Oy, *Vesikiertoinen lattialämmitys*. 2003. RT 52-10801.
7. Uponor Suomi Oy, *Uponor Lattiaviilennys*. 2017. Nätdokument. Tillgänglig: https://issuu.com/uponorfi/docs/5011_lattiaviilennys_05_2015_34c4cc258d4513 (Hämtad: 14.3.2017)
8. Savolainen Seppo. 2009. *Lattiaviilennysjärjestelmät ja pientalon vesikertoisen lattialämmitysjärjestelmän hyödyntäminen viilennyksessä*. Metropolian ammattikorkeakoulu. Tillgänglig: <http://theseus32-kk.lib.helsinki.fi/handle/10024/2943> (Hämtad: 9.4.2017)
9. Energiaindustri rf, *Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. K1/2013*. 2014. Nätdokument. Tillgänglig: http://energia.fi/files/502/JulkaisuK1_2013_20140509.pdf (Hämtad 14.3.2017)

10. Itula Oy, *ItuGraf grafiittipaneeli. Tekninen esite*. 2015. Nätdokument. Tillgänglig: http://www.itula.fi/files/6014/2727/3687/Itugraf_tekninen_esite_2015-03.pdf (Hämtad: 14.3.2017)
11. Rakennustieto Oy, *Huonetilojen jäähdytysjärjestelmät liike- ja toimistorakennuksissa*. 1996. RT 56-10592.
12. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, *Talotekniikan elinkaarikustannukset*. 2007. Nätdokument. Tillgänglig: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf> Hämtad: 14.3.2017
13. Rakennustieto Oy, *Lämmitys kaukolämmöllä*. 2005. RT 52-10859.
14. Motiva Oy, *Lämmitysjärjestelmien elinkaari*. 2016. Nätdokument. Tillgänglig: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/lammitysjarjestelmien_elinkaari (Hämtad: 14.3.2017)
15. Janhunen Hannu, E-post 20.2.2017. Itula Oy.
16. Heiskanen Mirkka. 2013. *Kaukolämpö- ja maalämpöjärjestelmän kustannusvertailu pientalon lämmitysjärjestelmänä*. Metropolian ammattikorkeakoulu. Tillgänglig: <https://www.theseus.fi/handle/10024/66804> (Hämtad: 14.3.2017)
17. Rakennustieto Oy, *Elinkaarikustannusten ja ympäristökuormitusten ohjaus rakennushankeissa*. 2001. Nätdokument. Tillgänglig: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK010701.pdf> (Hämtad: 14.3.2017)
18. Statistikcentralen, Inflation. 2017. Nätdokument. Tillgänglig: http://tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_hinnat.html (Hämtad: 14.3.2017)

19. Sirén Kai. 2015. *Rakennusten energiainvestointien kannattavuuden laskenta*. Undervisningsmaterial. Aalto-universitets tekniska högskola. Tillgänglig: https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/153118/mod_resource/content/1/Rakennusten%20energiainvestointien%20kannattavuus_2015_highlighted.pdf (Hämtad: 14.3.2017)
20. Finsk Energiindustri rf, Fjärrvärmepriser för typbyggnader på olika orter. 2017. Nätdokument. Tillgänglig: http://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammion_hintatilasto.html#material-view (Hämtad: 14.3.2017)
21. Energimyndigheten, Sähkön hintatilastot. 2017. Nätdokument. Tillgänglig: <https://www.energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot> (Hämtad: 14.3.2017)
22. Juvonen Anssi, E-post 9.3.2017. Helen Oy.
23. LVI-Tekniset Urakoitsijat LVI-TU ry ja Rakennusliitto ry, *Talotekniikka-alan LVI-toimialan Työehtosopimus*. 2014 Tillgänglig: <http://www.finlex.fi/data/tes/stes4463-TT146TaloLvi1403.pdf> (Hämtad: 15.3.2017)
24. Hepacon Oy, *Yksikköhintaluettelo PU-työt*. 2017.
25. Sähköinfo Oy, Sähköurakan yksikkökustannuksia. 2015. Espoo.
26. Skatteförvaltningen, Sosiaalimenojen aktivointi. 2002 Tillgänglig: [https://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Elinkeinoverotus/Tyonantajat_ja_tyontekijat/Sosiaalimenojen_aktivointi\(10190\)](https://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Elinkeinoverotus/Tyonantajat_ja_tyontekijat/Sosiaalimenojen_aktivointi(10190)) (Hämtad: 13.3.2017)
27. Grundfos Ab, Grundfos product center. 2017. Nätdokument. Tillgänglig: <https://product-selection.grundfos.com> (Hämtad 15.3.2017)

28. Hepacon Oy, Exempelfallets energicertifikat